

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu

Susu adalah cairan yang disekresi dari kelenjar susu mamalia betina. Cairan susu bewarna putih atau kuning-putih buram. Warna dari susu dipengaruhi oleh hamburan dan penyerapan cahaya oleh tetesan lemak susu dan protein misel. Susu memiliki hampir semua nutrisi yang diperlukan untuk mempertahankan hidup. Sumber susu dapat berasal dari kambing, domba, dan sapi (Belitz *et al.*, 2009). Penyusun utama susu adalah air 87%, protein 3,5%, lemak 3,9%, laktosa 4,9% (Warsito *et al.*, 2015).

Sebagian besar susu yang dikonsumsi oleh manusia berasal dari sapi perah, karena jenis ternak ini adalah penghasil susu yang potensial. Ternak yang lain seperti kerbau, kambing, domba dan kuda juga menghasilkan susu, tetapi masih dalam jumlah terbatas. Susu yang berasal dari sapi perah lazim disebut susu, sedangkan susu dari ternak yang lain diberi sebutan sesuai dengan nama hewan penghasilnya. Sebagai contoh, susu dari kerbau disebut susu kerbau dan susu dari kambing disebut susu kambing (Legowo, 2002).

Secara alami susu merupakan suatu emulsi lemak dalam air. Kadar air susu sangat tinggi yaitu rata-rata 87,5%, dan di dalamnya teremulsi berbagai zat gizi penting seperti protein, lemak, gula, vitamin dan mineral. Susu merupakan sumber protein dengan mutu yang sangat tinggi, dengan kadar protein dalam susu segar 3,5%, dan mengandung lemak yang kira-kira sama banyaknya dengan protein. Karena itu, kadar lemak sering dijadikan sebagai tolak ukur mutu susu, karena secara tidak langsung menggambarkan juga kadar proteinnya (Koswara, 2009).

Susu merupakan bahan makanan yang bergizi tinggi karena mengandung zat-zat makanan yang lengkap dan seimbang seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan vitamin yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Nilai gizinya yang tinggi juga menyebabkan susu merupakan medium yang sangat disukai oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan dan perkembangannya sehingga dalam waktu yang sangat singkat susu menjadi tidak layak dikonsumsi bila ditangani secara tidak benar (Saleh, 2005 *dalam* Kinayungan, 2016). Selain itu, susu merupakan medium untuk beberapa mikroorganisme yang dapat merubah

komposisi kimia susu selama penyimpanan (Resnawati, 2010 dalam Kinayungan, 2016).

Kondisi zat gizi yang baik pada susu tersebut juga memberi peluang yang baik pula bagi pertumbuhan mikroba seperti bakteri, kapang, khamir, karena dalam pertumbuhannya mikroba juga membutuhkan bahan makanan. Pertumbuhan berbagai mikroba tersebut akan mengubah mutu susu, ditandai dengan perubahan rasa, aroma, warna, dan penampakan, yang akhirnya menyebabkan susu tersebut rusak (Abubakar *et al.*, 2000 dalam Mahardika, 2014). Untuk itu, susu perlu mendapatkan penanganan yang cepat sebelum rusak antara lain melalui pasteurisasi. Menurut Depkes (2005) kandungan gizi susu sapi dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Kandungan gizi susu sapi per 100 gram

Kandungan Zat Gizi	Komposisi
Energi (kkal)	61
Protein (g)	3,2
Lemak (g)	3,5
Karbohidrat (g)	4,3
Kalsium (mg)	143
Fosfor (mg)	60
Besi (mg)	1,7
Vitamin A (µg)	39
Vitamin B1 (mg)	0,03
Vitamin C (mg)	1
Air (g)	88,3

Sumber: Departemen Kesehatan, 2005

Di dalam susu, terdapat zat gizi karbohidrat berupa laktosa. Karena sifat gulanya yang tidak terlalu manis, gula laktosa susu tidak terlalu merusak gigi. Zat gizi lain yang dikandung oleh susu adalah lemak, sumber vitamin larut lemak seperti vitamin A, vitamin E, dan vitamin D. Susu juga menjadi sumber asam lemak esensial dan hormon. Susu adalah sumber kalsium dan fosfor yang sangat baik yang penting untuk pertumbuhan tulang dan gigi. Mineral seperti magnesium, zat besi, kalium, yodium, natrium, selenium, dan zinc terkandung dalam susu. Adapun syarat mutu susu segar berdasarkan SNI 01-3141.1:2011 dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Standar susu segar berdasarkan SNI

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
1.	Berat jenis (pada suhu 27,5°C) minimum	g/mL	1,0270
2.	Kadar lemak minimum	%	3,0
3.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
4.	Kadar protein minimum	%	2,8
5.	Warna, bau, rasa, dan kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6.	Derajat asam	°SH	6-7,5
7.	pH	-	6,3-6,8
8.	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
9.	Cemaran mikroba, maksimum		
	1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/mL	1 x 10 ⁶
	2. <i>S.aureus</i>	CFU/mL	1 x 10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/mL	1 x 10 ³
10.	Jumlah sel somatis maksimum	Sel/mL	1 x 10 ⁵
11.	Angka reduktase	Jam	2-5
12.	Residu antibiotika	-	Negatif
13.	Uji pemalsuan	-	Negatif
14.	Titik beku	°C	-0,520 s.d -5,60
15.	Uji peroksidase	-	Positif
16.	Cemaran logam berbahaya maksimum		
	1. Timbal (Pb)	µg/mL	0,02
	2. Merkuri (Hg)	µg/mL	0,03
	3. Arsen (As)	µg/mL	0,1

Sumber: SNI, 2011

2.1.1 Air

Komponen terbanyak pada susu adalah air mencapai 87% (Warsito *et al.*, 2015). Air pada susu berfungsi sebagai bahan sebar dari bahan kering susu. Air adalah tempat terdispersinya komponen-komponen susu yang lain. Komponen-komponen yang terdispersi secara molekuler (larut) adalah laktosa, garam-garam mineral, dan beberapa vitamin. Protein-protein kasein, laktosa-globulin dan albumin terdispersi secara koloidal, sedangkan lemak merupakan emulsi (Hadiwiyoto, 2003).

2.1.2 Protein

Protein merupakan bahan penting sebagai penyusun komponen-komponen sel, terutama dalam proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Struktur utama protein terdiri dari rantai polipeptida dari asam-asam amino yang terikat dengan ikatan peptida. Protein yang ada di dalam susu sebagian besar adalah kasein (76%) dan *whey* protein (18%) yang terdiri dari laktalbumin dan laktoglobulin, serta sisanya 6% non-protein nitrogen (NPN) (Susilorini dan Sawitri, 2006).

Kasein di dalam protein susu sekitar 80% yang terdiri dari alfa-kasein, beta-kasein, dan kappa-kasein dalam bentuk koloid. Bila dalam keadaan murni, kasein berwarna putih seperti salju, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. Oleh karena itu, kasein menyebabkan susu berwarna putih. Kasein penting dikonsumsi karena mengandung zat anorganik, seperti kalsium, fosfor, dan magnesium. Pada susu segar dengan pH antara 6,5-6,7, kasein merupakan garam kalsium yaitu kalsium kaseinat. Molekul-molekul kasein berwarna putih dan berbentuk kepingan besar kepingan bervariasi, dapat mencapai 0,4 μm yang antar partikelnya diikat oleh kalsium, fosfat, dan elemen-elemen lainnya. Partikel kaseinat lebih kecil dibandingkan globula lemak dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron (Susilorini dan Sawitri, 2006).

Whey protein terdiri dari laktalbumin dan laktoglobulin yang mempunyai kandungan fosfor yang rendah. Laktalbumin merupakan koloid dengan partikel-partikel kecil. Bila susu dipanaskan di atas 65°C, laktalbumin mengalami presipitasi. Presipitasi protein yaitu pengendapan yang terjadi karena penggumpalan parsial laktoglobulin terdapat dalam susu dengan jumlah sedikit dan dapat dikoagulasikan pada suhu 75°C. Kolostrum mengandung sejumlah besar laktalbumin dan laktoglobulin. Oleh karena itu, kolostrum tidak dapat dipanaskan karena akan mengalami koagulasi (Susilorini dan Sawitri, 2006).

2.1.3 Lemak

Air susu merupakan suspensi alam antara air dan bahan terlarut didalamnya. Salah satu diantaranya adalah lemak. Kadar lemak didalam air susu adalah 3,45%. Kadar lemak sangat penting dalam penentuan nilai gizi air susu. Susunan

lemak susu terdiri dari lemak majemuk, lemak murni dan terdiri dari 3 molekul asam lemak yang terikat pada suatu molekul gliserin. Lemak susu terdiri dari campuran beberapa asam lemak antara lain lemak sederhana yang memiliki asam lemak sama dan lemak campuran yang terdiri dari beberapa macam lemak terikat pada gliserin (Saleh, 2004).

Asam lemak yang terdapat didalam air susu terdiri dari 2 golongan yaitu asam lemak yang larut (*butyric, caproic, caprilic, dan capric*) serta asam lemak yang tidak larut (*leauric, myristic, palmitic dan oleic*). Berat jenis air susu 0,93 dan lebih ringan dari berat jenis air. Hal ini memungkinkan lemak mengapung atau membentuk lapisan di permukaan air susu apabila air susu didinginkan (Saleh, 2004).

Warna putih air susu ditentukan oleh lemak air susu. Lemak susu mempunyai alat refleksi terhadap sinar matahari. Bentuk lemak di dalam air susu merupakan butir yang disebut globuler. Besar kecilnya butir lemak ditentukan oleh kadar air yang ada didalamnya. Semakin banyak air maka semakin besar globuler yang dapat pecah. Air susu yang pecah tidak dapat dipisahkan lagi krimnya, dan tidak dapat dijadikan sebagai bahan makanan. Buckle *et al.*, (1987) menyatakan kerusakan yang dapat terjadi pada lemak susu merupakan sebab dari berbagai perkembangan flavor yang menyimpang dalam produk-produk susu, seperti:

- Ketengikan, yang disebabkan karena hidrolisa dari gliserida dan pelepasan asam lemak seperti butirat dan kaproat, yang mempunyai bau yang keras, khas dan tidak menyenangkan.
- Tallowiness yang disebabkan karena oksidasi asam lemak tak jenuh.
- Flavor teroksidasi yang disebabkan karena oksidasi fosfolipid.
- Bau amis seperti ikan yang disebabkan karena oksidasi dan reaksi hidrolisis.

Menurut Warsito *et al.* (2015), menyatakan bahwa lemak pada susu berbentuk :

1. Trigliserida, menyusun 98-99% dan terdapat dalam globula lemak
2. Fosfolipida, terdapat dalam membran (0,2-1%)
3. Sterol, terdapat dalam serum dan sebagian pada membran (0,25-0,4%)

2.1.4 Laktosa

Laktosa adalah karbohidrat atau gula susu yang hanya ditemukan dalam susu. Kadar laktosa di dalam air susu adalah 4,9% (Warsito *et al.*, 2015). Laktosa

terbentuk dari dua komponen gula yaitu satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa. Kandungan laktosa pada susu sapi dibawah 5%. Laktosa mudah larut dengan tingkat kemanisan 1/2-1/6 kali glukosa. Apabila susu dipanaskan maka laktosa akan membentuk laktulosa yang mudah larut dan mempunyai rasa agak manis (Susilorini dan Sawitri, 2006). Laktosa dapat mempengaruhi tekanan osmosis susu, titik beku, titik didih (Saleh, 2004).

2.1.5 Vitamin dan Mineral

Susu mengandung vitamin-vitamin yang larut dalam lemak, yaitu vitamin A, D, E, dan sedikit vitamin K. Susu juga mengandung vitamin yang larut dalam air, yaitu vitamin B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niasin), B₅ (asam pantotenat), B₆ (piridoksin), B₇ (biotin), B₉ (asam folat), dan B₁₂ (kobalamin). Jika susu dipanaskan, dipasteurisasi atau disterilisasi maka 10-30% vitamin B₁ akan hilang, sedangkan vitamin C akan hilang 20-60%. Riboflavin memberikan warna susu kuning sedikit kehijauan, sedangkan karoten akan memberikan warna lemak susu menjadi kekuning-kuningan (Hadiwiyoto, 2003). Susu mengandung zat-zat mineral yang sangat esensial yaitu, sodium (Na), potassium (K), klorida (Cl), kalsium (Ca), magnesium (Mg), inorganic fosfor (Pi), sitrat, garam Ca, Mg, sitrat, Ca²⁺, dan (HPO₄)₂ (Susilorini dan Sawitri, 2006).

2.1.6 Sifat Fisik dan Kimia Susu

a. Warna Air Susu

Warna air susu dapat berubah dari satu warna ke warna yang lain, tergantung dari bangsa ternak, jenis pakan, jumlah lemak, bahan padat, dan bahan pembentuk warna. Warna air susu berkisar dari putih kebiruan hingga kuning keemasan. Warna putih dari susu merupakan hasil dispersi dari refleksi cahaya oleh globula lemak dan partikel koloidal dari kasein dan kalsium fosfat. Warna kuning adalah karena lemak dan karoten yang dapat larut. Bila lemak diambil dari susu akan menunjukkan warna kebiruan (Warsito *et al.*, 2015).

b. Rasa dan Bau Air Susu

Rasa dan bau air susu erat kaitannya dalam menentukan kualitas air susu. Air susu terasa sedikit manis yang disebabkan oleh laktosa. Sedangkan rasa asin berasal dari klorida, sitrat, dan garam-garam mineral lainnya. Cita rasa yang kurang normal mudah sekali berkembang di dalam susu dan hal ini disebabkan oleh:

1. Fisiologis seperti cita rasa pakan sapi (misal alfalfa, bawang merah, bawang putih, dan cita rasa *algae*) yang akan masuk ke dalam susu jika bahan-bahan tersebut mencemari pakan dan air minum sapi.
2. Enzim yang menghasilkan cita rasa tengik karena kegiatan lipase pada lemak susu.
3. Kimiawi yang disebabkan oleh oksidasi lemak.
4. Bakteri yang timbul sebagai akibat pencemaran dan pertumbuhan bakteri yang menyebabkan peragian laktosa menjadi asam laktat dan hasil samping metabolit lainnya yang mudah menguap.
5. Mekanis, jika susu mungkin menyerap cita rasa yang ada disekitar (seperti cat, sabun, larutan klor) (Warsito *et al.*, 2015).

c. Berat Jenis Air Susu

Air susu memiliki berat jenis 1,027-1,035. Menurut codex susu, berat jenis air susu adalah 1,028. Codex susu adalah suatu daftar satuan yang harus dipenuhi air susu sebagai bahan makanan. Daftar ini telah disepakati para ahli gizi dan kesehatan dunia. Berat jenis harus ditetapkan 3 jam setelah air susu diperah. Penetapan lebih awal akan menunjukkan hasil berat jenis yang lebih kecil, yang disebabkan oleh perubahan kondisi lemak (Warsito *et al.*, 2015). Menurut Hadiwiyoto (2003), menyatakan bahwa variasi berat jenis terjadi karena perbedaan besarnya kandungan lemak, laktosa, protein, dan garam-garam mineral. Penentuan berat jenis atau bobot spesifik sering menggunakan alat yang dinamakan lactometer. Prinsip kerja lactometer berdasarkan hukum Archimedes yaitu bila setiap benda dimasukkan ke dalam zat cair maka benda tersebut akan mendapatkan tekanan ke atas sebesar berat cairan yang dipindahkan oleh benda tersebut. Oleh karena itu,

bila susu semakin encer maka lactometer akan semakin masuk kedalam susu sehingga berat jenis susu semakin rendah dari standar.

d. Kekentalan Air Susu (Viskositas)

Viskositas air susu biasanya berkisar 1,5-2,0 cP. Pada suhu 20°C viskositas *whey* 1,2 cP, viskositas susu skim 1,5 cP, dan susu segar 2,0 cP. Bahan padat, lemak, dan suhu dapat mempengaruhi viskositas air susu (Warsito *et al.*, 2015). Kekentalan susu dipengaruhi oleh komposisi susu, umur hewan, dan beberapa perlakuan misalnya adanya pengadukan akan menurunkan kekentalan susu. Sebaliknya pengemasan, aktivitas bakteri, dan pemeraman (*aging*) akan menaikkan kekentalannya (Hadiwiyoto, 2003).

e. Titik Didih dan Titik Beku

Pada codex air susu dicantumkan bahwa titik beku air susu adalah -0,500°C, namun untuk Indonesia telah berubah menjadi -0,520°C. titik didih air susu adalah 100,16°C (Warsito *et al.*, 2015). Variasi titik beku terjadi karena terdapat perbedaan jenis pakan yang diberikan pada hewan, musim dan jenis sapi atau hewan. Titik beku akan berubah jika pada susu ditambahkan air, santan atau lemak meskipun dalam jumlah sedikit saja (Hadiwiyoto, 2003).

f. pH

Susu segar mempunyai sifat amfoter. Air susu segar umumnya mempunyai pH antara 6,5- 6,7. Sebagian besar asam yang ada pada susu adalah asam laktat. Meskipun demikian keasaman susu dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang bersifat asam seperti senyawa-senyawa pospat kompleks, asam sitrat, asam-asam amino dan karbondioksida yang larut dalam susu (Nugraheni, 2013). Jika pH lebih besar dari 6,7 biasanya diartikan adanya gangguan pada puting sapi (mastitis) dan jika pH di bawah

6,5 menunjukkan adanya kolostrum atau kerusakan karena bakteri (Hadiwiyoto, 2003).

Faktor lain yang mempengaruhi nilai pH adalah pengenceran dan pemanasan. Pengenceran dapat sedikit menaikkan nilai pH dan menurunkan keasaman titrasi. Pemanasan dapat menyebabkan kehilangan CO₂ sehingga dapat menurunkan keasaman dan menaikkan pH, adanya transfer Ca dan fosfat ke koloidal dapat sedikit menaikkan keasaman dan menurunkan pH, pemanasan yang drastis dapat menghasilkan asam dari degradasi laktosa (Nugraheni, 2013).

2.1.7 Kerusakan Air Susu

Kerusakan susu dapat ditandai dengan adanya perubahan baik secara fisik, kimiawi, maupun organoleptik. Pencemaran air susu oleh mikroorganisme pembusuk dapat terjadi dan jumlah mikroorganisme tersebut menjadi semakin banyak selama penyimpanan air susu yang tidak memenuhi syarat. Zat-zat gizi pada air susu digunakan oleh mikroorganisme pencemar sebagai sumber energi dan sumber makanan untuk kelangsungan hidupnya sekaligus perkembangbiakannya. Tanda-tanda adanya kerusakan pada air susu dapat disebutkan sebagai berikut :

- a. Hilangnya aroma khas air susu segar berubah menjadi hambar, berasa masam, dan berbau busuk.
- b. Hilangnya cita rasa khas air susu segar berganti rasa masam dan pahit.
- c. Air susu menjadi semakin kental dan menggumpal, dapat muncul gelembung-gelembung gas yang kemudian berkumpul membentuk buih dipermukaan susu.
- d. Warna putih kekuningan khas pada air susu segar berubah menjadi warna biru, kuning, merah, dan coklat (Idris, 1992 *dalam* Apriliawan, 2015).

Beberapa kerusakan pada susu yang disebabkan tumbuhnya mikroorganisme antara lain adalah pengasaman dan penggumpalan, berlendir seperti tali yang disebabkan terjadinya pengentalan dan pembentukan lendir oleh beberapa jenis bakteri dan penggumpalan susu yang timbul tanpa penurunan pH (Titiek dan Rahayu (2007). Menurut Anonim (2012), tanda-tanda kerusakan mikrobiologi pada susu adalah perubahan rasa susu menjadi asam, disebabkan oleh

pertumbuhan bakteri pembentuk asam, terutama bakteri asam laktat dan bakteri *E. coli*. Susu menggumpal, disebabkan oleh pemecahan protein susu oleh bakteri pemecah protein. Pemecahan protein mungkin disertai oleh terbentuknya asam atau tanpa asam. Terbentuknya gas, disebabkan oleh pertumbuhan dua kelompok mikroba, yaitu bakteri yang membentuk gas H₂ (Hidrogen) dan CO₂ (Karbon dioksida) seperti bakteri *E. coli* dan bakteri pembentuk spora, dan bakteri yang hanya membentuk CO₂ seperti bakteri asam laktat tertentu dan khamir. Terbentuknya lendir, adanya perubahan rasa menjadi tengik, tumbuhnya kapang pada produk olahan susu. Dan bau busuk yang disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pemecah protein menjadi senyawa-senyawa berbau busuk (Anonim, 2012).

Sebagian besar asam yang ada pada susu adalah asam laktat. Perubahan nilai pH disebabkan karena penambahan asam laktat dan pengurangan CO₂ (Nugraheni, 2013). Terbentuknya asam laktat oleh bakteri asam laktat menyebabkan peningkatan total asam atau penurunan pH sehingga kasein mengalami koagulasi pembentuk gel. Terbentuknya gel menyebabkan tekstur menjadi semi padat sehingga viskositasnya naik (Wahyudi dan Samsundari 2008).

2.2 Pasteurisasi

2.2.1 Susu Pasteurisasi

Susu pasteurisasi adalah susu segar yang diolah melalui proses pemanasan dengan tujuan mencegah kerusakan susu akibat aktivitas mikroorganisme perusak (patogen) dengan tetap menjaga kualitas nutrisi susu. Abubakar *et al.*, (2008) dalam Herendra (2009) menyatakan bahwa pasteurisasi adalah proses sterilisasi bahan baku yang tidak tahan panas seperti susu. Pasteurisasi tidak mematikan semua mikroorganisme tetapi hanya mematikan kuman yang patogen dan yang tidak membentuk spora. Proses ini sering diikuti teknik lain seperti pendinginan atau pemberian gula dengan konsentrasi tinggi.

Menurut Plank (2006) dalam Andrianto (2014), pasteurisasi adalah proses pemanasan atau pemasakan susu dibawah titik didih dengan waktu tertentu. Seorang ahli kimia dari Perancis bernama Louis Pasteur adalah orang yang menemukan pasteurisasi, sebuah bentuk sterilisasi menggunakan panas proses

pasteurisasi ringan memanaskan susu sampai 145°F (62°C) selama 30 menit, dan pasteurisasi standar memanaskan susu sampai suhu 161°F (72°C) selama 50 detik.

Proses pasteurisasi dilakukan dengan memanaskan susu pada suhu 62°C selama 30 menit atau suhu 72°C selama 15 detik. Pasteurisasi tidak dapat mematikan bakteri non patogen, terutama bakteri pembusuk. Susu pasteurisasi bukan merupakan susu awet. Penyimpanan susu pasteurisasi dilanjutkan dengan metode pendinginan. Metode pendinginan pada suhu maksimal 10°C memperpanjang daya simpan susu pasteurisasi. Mikroba pembusuk tidak dapat tumbuh dan berkembang pada suhu 3-10°C (Setya, 2012). Menurut Estiasih dan Ahmadi (2009), suhu yang digunakan dalam pasteurisasi menggunakan suhu sedang yang berkisar antara 60-105°C. Pemanasan dengan suhu sedang ini bertujuan untuk mempertahankan kualitas sensori dan menghindari pemanasan berlebihan, menjaga kandungan nutrisi pada susu.

Susu segar dapat diolah menjadi susu pasteurisasi dengan kandungan lemak antara 0% sampai dengan 3,5%. Dalam *Encyclopedia britannica* perlakuan diberikan pada susu pasteurisasi adalah dengan suhu 63°C selama 30 menit atau 72°C selama 15 detik. Suhu dan waktu yang digunakan adalah bertujuan untuk membunuh *Mycrobacterium tuberculosis* dan mikroba non spora yang tahan panas serta dapat menyebabkan penyakit (Septiani dan Marimin, 2005 dalam Kinayungan, 2016).

Pasteurisasi adalah salah satu proses terpenting dalam penanganan susu. Proses pasteurisasi perlu dilakukan dengan benar sehingga membuat susu memiliki umur simpan yang lebih lama. Suhu dan waktu pasteurisasi adalah faktor penting yang harus diukur dalam menentukan kualitas dan kondisi umur simpan susu segar. Adapun syarat mutu susu pasteurisasi berdasarkan SNI 19-1502-1989 dalam SNI 01-3951-1995 dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Syarat mutu susu pasteurisasi menurut SNI

No.	Karakteristik	Syarat	
		A	B
1.	Bau	Khas	Khas
2.	Rasa	Khas	Khas
3.	Warna	Khas	Khas
4.	Kadar lemak, % (bobot/bobot) min	2,80	1,50
5.	Kadar padatan tanpa lemak, % (bobot/bobot) min	7,7	7,5
6.	Uji reduktase dengan methylen biru	0	0
7.	Kadar protein, % (bobot/bobot) min	2,5	2,5
8.	Uji fosfatase	0	0
9.	T.P.C (<i>Total Plate Count</i>), CFU/mL. maks,	3×10^4	3×10^4
10.	Coliform presumptive MPH/ml, maks	10	10
11.	Logam berbahaya		
	1. As, (ppm) maks,	1	1
	2. Pb, (ppm) maks,	1	1
	3. Cu, (ppm) maks,	2	2
	4. Zn, (ppm) maks,	5	5
12.	Bahan pengawet	Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan R.I No. 235/Men. Kes/Per/IV/79	

Catatan : A = Susu pasteurisasi tanpa penyedap cita rasa

B = Susu pasteurisasi diberi penyedap cita rasa

Sumber: SNI, 1995

2.2.2 Kecukupan Panas Proses Pasteurisasi

Pada proses pasteurisasi, proses pemanasan yang diberikan adalah suhu sedang lebih rendah dibandingkan sterilisasi yang bertujuan membunuh *Clostridium botulinum*. Sterilisasi berefek letak terhadap mikroba pada suhu 121°C selama 3 menit. Suhu yang digunakan dalam pasteurisasi bervariasi berkisar 60-105°C. Pemanasan sedang ini digunakan dengan tujuan mempertahankan kualitas sensori, menghindari pemanasan berlebihan (*over processed*) yang biasa terjadi pada produk kaleng.

Pada proses pasteurisasi ketika suhu meningkat diatas suhu optimum pertumbuhan mikroba, terjadi proses penghambatan pertumbuhan sampai mikroba letal. Resistensi mikroorganisme dalam produk pangan terhadap suhu sangat bervariasi. Ketahanan terhadap panas biasanya dinyatakan dengan nilai D dan Z. destruksi termal terhadap mikroba (sel vegetatif atau spora) mengikuti

persamaan logaritma. Waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 90% mikroba dalam hal ini menurunkan populasi mikroba 1 log dinyatakan sebagai nilai D.

Kecukupan panas yang dibutuhkan untuk mengawetkan produk pangan dengan pasteurisasi ditentukan oleh nilai D dari enzim dan mikroba yang paling tahan terhadap panas yang ada dalam produk pangan tersebut. Sebagai contoh, pasteurisasi susu didasarkan pada D_{60} dan reduksi 12 siklus log mikroba *C.burnetii*, sedangkan untuk telur cair diperlukan reduksi 9D untuk bakteri *S. seftenberg*. Komponen produk pangan yang lain, seperti cita rasa, warna, dan vitamin juga mempunyai nilai D dan dapat diperhitungkan untuk mendapatkan retensi komponen-komponen tersebut yang tinggi pada proses pasteurisasi.

Jika nilai D yang diperoleh dari berbagai suhu pemanasan diplotkan pada sumbu Y dan sumbu X adalah suhu maka akan diperoleh persamaan logaritmik. Peningkatan suhu yang diperlukan untuk mendapatkan perubahan 1 nilai D disebut nilai Z. Nilai Z dinyatakan dengan satuan °C atau °F. Nilai D dan nilai Z ini spesifik bergantung pada jenis mikroba dan jenis substrat yang diuji. Misal efek letal akan meningkat dengan adanya asam atau menurun dengan adanya gula atau lemak.

Alkaline fosfatase merupakan enzim yang terdapat secara alami pada susu mentah yang mempunyai nilai D sama dengan patogen yang resisten. Pengukuran jumlah mikroba patogen dalam sampel makanan membutuhkan biaya yang mahal dan lama. Industri susu biasanya menggunakan pengukuran aktivitas enzim alkaline fosfatase untuk mengukur kecukupan proses pasteurisasi. Jika aktivitas alkaline fosfatase masih ada, maka proses pasteurisasi dinyatakan tidak cukup untuk mendestruksi mikroba patogen. Metode yang sama digunakan untuk mengukur kecukupan proses pasteurisasi telur cair, yaitu dengan mengukur aktivitas enzim amilase.

Bakteri patogen seperti *C. botulinum* dan *S. aureus* menghasilkan toksin dalam produk pangan yang berperan terhadap keracunan makanan. Toksin ini bersifat tahan terhadap panas dan tidak dapat didestruksi dengan proses pasteurisasi atau pemanasan ulang. Oleh karena itu, perlu penanganan produk yang hati-hati untuk mencegah bakteri tersebut tumbuh sebelum dan sesudah pasteurisasi (Estiasih dan Ahmadi, 2009).

2.2.3 Metode Pasteurisasi

Menurut Setya (2012), menyatakan bahwa metode pasteurisasi yang umum digunakan adalah:

- a. *LTLT (Low Temperature Long Time) Pasteurization*
 - Merupakan proses pasteurisasi paling tua dan pertama kali digunakan.
 - Pemanasannya dilakukan di dalam tangki besar pada suhu 61-63°C selama 30 menit.
 - Untuk menjaga agar panas tetap konstan dan merata maka dilakukan pengadukan terhadap susu selama proses berlangsung.
- b. *HTST (High Temperature Short Time) Pasteurization*
 - Dilakukan pada suhu tinggi dan waktu singkat, yaitu pada suhu 71,7-75,0°C selama 15-16 detik.
 - Prosesnya menggunakan metode kontinyu dengan pelat pemindah panas.
 - Produknya tahan maksimal selama 2 minggu dalam lemari es.
- c. *Pasteurisasi UHT (UHT Pasteurization)*
 - Perkembangan lebih lanjut dari teknik pasteurisasi adalah dengan teknik pemanasan suhu sangat tinggi (UHT).
 - *Ultra High Temperature (UHT) pasteurization* merupakan proses pasteurisasi yang dilakukan pada suhu sangat tinggi dan waktu sangat singkat, yaitu pada suhu 131-150°C selama 0,5-1 detik.
 - Pemanasan dilakukan dengan tekanan tinggi (*High Pressure*) untuk mencegah terjadinya pembakaran susu pada alat pemanas.
 - Produk dapat tahan dalam suhu *refrigerator* hingga beberapa bulan jika dikemas dengan baik.

2.2.4 Tujuan Pengolahan Susu Pasteurisasi

Menurut Tjahjadi dan Marta (2011), menyatakan bahwa tujuan pengolahan susu pasteurisasi adalah sebagai berikut:

- Untuk membunuh bakteri patogen, yaitu bakteri-bakteri yang berbahaya karena dapat menimbulkan penyakit pada manusia (*Mycobacterium tuberculosis*)

- Untuk membunuh bakteri tertentu yaitu dengan mengatur tingginya suhu dan lamanya waktu pasteurisasi
- Untuk mengurangi populasi bakteri dalam bahan susu
- Untuk memperpanjang daya simpan bahan
- Dapat memberikan atau menimbulkan cita rasa yang lebih menarik konsumen
- Pada pasteurisasi susu, proses ini dapat menginaktifkan fosfatase dan katalase, yaitu enzim-enzim yang membuat susu cepat rusak.

2.2.5 Efek Pasteurisasi

Proses pasteurisasi dapat menghancurkan 90-99% bakteri yang ada di dalam susu, dengan kemungkinan kerusakan yang sangat kecil bagi laktosa, kasein dan unsur lemak, akan tetapi vitamin C dapat rusak. Oleh sebab itu, proses pasteurisasi tidak semuanya dapat menguntungkan, ada beberapa efek yang ditimbulkan dari proses pasteurisasi, diantaranya dapat mempertahankan nilai nutrisi dan karakteristik sensori bahan pangan hasil pasteurisasi, hanya dapat mempertahankan umur simpan bahan pangan untuk beberapa hari saja, dapat menyebabkan perubahan terjadinya perubahan warna, aroma, dan flavor, mengakibatkan degradasi vitamin bahan (Setya, 2012).

2.3 Metode Pengisian (*Filling*) Susu

2.3.1 Pengisian Dingin (*Cold Filling*)

Pengisian aseptis dingin (*Cold aseptic filling*), proses memasukkan minuman ke dalam kemasan dalam kondisi tidak panas adalah inti proses ini. Namun hal tersebut memerlukan syarat yaitu baik minuman maupun kemasannya sudah dalam keadaan steril. Untuk ini, minuman disterilkan dengan pasteurisasi pada suhu 135°C selama 4 detik. Selanjutnya, minuman didinginkan hingga suhu *refrigerator* (30°C-35°C), lantas dimasukkan ke dalam kemasan aseptik/steril. Metode pensterilan kemasan dilakukan dengan cara yang berbeda, tergantung bahannya. Untuk wadah yang terbuat dari plastik, dapat digunakan etilen oksida,

hidrogen peroksida, atau dengan cara radiasi. Dibandingkan pengisian panas (*hot filling*), metode pengisian dingin (*cold filling*) memiliki beberapa kelebihan. Proses pemanasan dalam waktu yang lebih singkat menjaga zat gizi terutama vitamin dan cita rasa yang terkandung dalam minuman. Selain itu, jika menggunakan kemasan botol plastik, bijih plastik yang digunakan lebih ringan dari bijih plastik pada metode pengisian panas (*hot filling*). Untuk mencetak botol ukuran 420 mL hanya membutuhkan 17,5 g bijih plastik. Lebih ringan 36% dari biji plastik seberat 26 g yang digunakan pada metode pengisian panas (*hot filling*) (Anonim, 2016).

Sedangkan untuk proses pengisian dingin (*cold filling*) setelah produk dipasteurisasi, umumnya dilakukan pembilasan wadah dengan menggunakan air panas. Air yang digunakan harus layak minum. Jika air yang digunakan tidak memenuhi syarat, bisa ditambahkan sedikit zat pembersih, misalnya kaporit (sodium hipoklorida), akan tetapi botol harus dikeringkan benar supaya sisa kaporit tidak mempengaruhi rasa (Anonim, 2008).

Menurut Rittmanic (2006), pengisian dingin (*cold filling*) sama dengan pengisian panas (*hot filling*) yang mana produk diproses secara termal. Namun, tidak seperti pengisian panas (*hot filling*), produk pengisian dingin (*cold filling*) langsung didinginkan sampai 38°C (100°F) sebelum pengisian. Pendinginan produk secara langsung memberikan lebih sedikit degradasi vitamin dan variasi dari perasa yang dapat ditemukan pada pengolahan pengisian panas (*hot filling*).

Metode pengisian dingin (*cold filling*) juga memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah dapat menggunakan berbagai jenis pengemas, nutrisi pada produk dapat dipertahankan, tidak mempengaruhi kualitas produk namun pada metode ini juga masih dimungkinkan terjadi kontaminasi sehingga proses pemurnian udara dan penyaringan udara merupakan salah satu komponen penting dari proses pengisian dingin (*cold filling*). Selain itu, metode ini juga memerlukan pekerja yang sudah kompeten dan berkualitas (Adegoke, 2004)

2.3.2 Pengisian Panas (*Hot Filling*)

Pengisian panas (*Hot filling*) merupakan teknik pengolahan dan pengawetan pangan (khususnya minuman) dengan proses pemanasan, dimana dalam keadaan produk masih panas dilakukan proses pengisian ke dalam wadah atau

kemasan akhir (*finished containers*) lalu segera dilakukan penutupan, kemudian baru didinginkan (Hariyadi, 2015). Pengisian panas (*Hot-filling*) adalah teknik proses termal yang banyak diterapkan untuk produk pangan berbentuk cair, seperti saus, jam, dan sambal. Dari segi tujuan proses, pengisian panas (*hot filling*) banyak dilakukan untuk produk pangan yang memiliki pH rendah (pangan asam/diasamkan) untuk tujuan pasteurisasi. Pengertian pengisian panas (*hot-filling*) adalah melakukan pengemasan bahan dalam kondisi panas setelah proses pasteurisasi ke dalam kemasan steril (misalnya botol atau gelas jar), lalu ditutup rapat (hermetis) dan dinginkan. Biasanya proses pengisian panas (*hot-filling*) dikombinasikan dengan teknik pengawetan lain, misalnya penambahan gula, garam, bahan pengawet atau pendinginan. Diantara produk pangan yang dapat diproses dengan pengisian panas (*hot-filling*) adalah saus, sambal, jem, dsb (Mulyadi, 2011).

Untuk proses pengisian panas (*hot fill*), wadah, dalam hal ini botol PET, harus tahan terhadap suhu tersebut. Oleh karena itu tidak semua botol PET dapat digunakan untuk proses ini, karena botol tersebut dapat melengkung (*collapse*) jika mendapat perlakuan suhu tinggi. Untuk mengatasi hal itu telah diproduksi botol PET tahan panas. Bagian leher adalah bagian yang paling kritis, sehingga dibuat lebih tebal dan diproses secara khusus. Bentuk dari botol PET untuk pengisian panas (*hot filling*) juga harus diatur sedemikian rupa dengan diberi “panel” tertentu sehingga keseluruhan botol dapat mengembang dengan baik sewaktu proses pemanasan dan menciut kembali dengan sempurna sewaktu proses pendinginan. Dengan demikian, botol PET untuk pengisian panas (*hot filling*) lebih rumit untuk diproduksi, lebih tebal dan lebih mahal dibandingkan dengan botol PET untuk produk yang disterilisasi dengan cara pasteurisasi (Anonim, 2008).

2.4 Penyimpanan Susu Pasteurisasi

Pada proses pasteurisasi tidak dapat mematikan semua mikroorganisme vegetatif dan hampir semua mikroba pembusuk sehingga pada produk pasteurisasi harus diikuti dengan beberapa penanganan yang benar seperti dikemas atau disimpan pada suhu rendah, penambahan pengawet, pengemas

atmosfer termodifikasi, pengaturan pH, atau pengaturan aktivitas air untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba (Kusumawardhani, 2010).

Untuk produk susu pasteurisasi juga harus diikuti dengan penanganan *pasca* pasteurisasi yang baik dan benar. Menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, susu pasteurisasi harus dikemas dalam wadah tertutup dan disimpan pada suhu kurang lebih 4°C maka susu tersebut tidak akan rusak dalam waktu 7 hari (Hadiwiyoto, 1994) sedangkan penelitian lain juga menyebutkan jika susu pasteurisasi harus disimpan pada suhu kurang lebih 4°C maka susu tersebut tidak akan rusak dalam waktu 12 hari (Marniah, 2005). Menurut Andarwulan dan Hariyadi (2004) *dalam* Herawati (2008), daya simpan susu cair yang diproses dengan menggunakan metode pasteurisasi HTST dalam suhu penyimpanan *refrigerator* sekitar 2 minggu. Produk susu pasteurisasi yang dihasilkan oleh unit pengolahan susu koperasi, daya simpannya berkisar 4-6 hari (pada suhu penyimpanan 4°C) (Budyono, 2009). Susu pasteurisasi yang diproses dengan metode *Batch* dengan suhu 72°C selama 15 menit memiliki daya simpan/masa kadaluarsa 4-5 hari jika disimpan dalam suhu rendah (dalam *refrigerator*) (Sawitri *et al.*, 2010).